

Харківський державний політехнічний університет

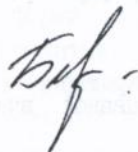
На правах рукопису

Бердянський Юхим Натан-Анатолійович

МЕТОДИ ТА ПРИСТРОЇ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ
ГЕОМЕТРИЇ ПЕРЕРІЗУ ВЕЛИКОГАБАРИТНОГО КРУГЛОГО
ПРОКАТУ І ТРУБ
(розробка та впровадження)

05.11.13 - Прилади і методи контролю та захисту навколишнього
середовища, речовин, матеріалів та виробів

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



Харків - 1996



00760219 (P)

АВ 34.420

дисертація є рукопис
Робота виконана у Науково-дослідному та дослідно-кон-
структорському інституті автоматизації чорної металургії
НДІАчормет

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Тирса Валентин Остапович

Науковий консультант - доктор технічних наук
Ободай Володимир Якович

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Кузнєцов Борис Іванович

кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник
Гунбін Михайло Володимирович

Провідне підприємство - А0 Нижньодніпровський трубопрокатний
завод, м. Дніпропетровськ

Захист відбудеться "25" квітня 1996 р.
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 02.09.11 у Харківському
державному політехнічному університеті (310002, Україна, Харків, МСП,
вул. Фрунзе, 21)

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського
державного політехнічного університету.

Автореферат розісланий " _ " _____ 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Горкунов Б.М.



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зростання якості прокату та труб неможливо без створення систем автоматичного розмірного контролю готової продукції, дозволяючих провести з їх використанням автоматичне розбравування виробів на задовольняючі вимогам міжнародних стандартів та потребуючих дороблення.

Питаннями автоматизації контролю розмірів прокату займалися та продовжують займатися різні організації та фірми: ВНДІАчормет, ВНДІметмаш, Уралчорметавтоматика, ДонНДІчормет, НДІАчормет, Davy Instruments, Exatest, Ostin, Toshiba, КЕЛК, ТРЛ та ін. Перші роботи у цьому напрямку відносяться до 1940 р.

Загальні підходи до контролю геометричних параметрів виробів та процесів у промисловості, а також нові перспективні методи контролю активно розроблялись М.Г. Бруєвичем, М.А.Бородачевим, Г.Б.Кайнером, М.М.Марковим, Ф.В.Цидулко, Б.А.Тайцем, В.О.Тирсой.

З направлення контролю геометричних параметрів прокату і труб відомі праці таких фахівців, як Л.Г.Антонсон, І.А.Аронов, К.Б.Біант, І.М.Богаченко, В.С.Бгоров, Г.Х.Зарезанков, В.В.Іванов, Дж.К.Келк, А.Д.Клюшин, Дж.В.Маршал, А.І.Нікітін, В.Я.Ободан, Р.Пірлет, Ю.Д.Угрюмов, А.Б.Челюсткін, Г.В.Черевко, В.А.Чигринський, Р.Б.Харбек, Г.Хенс, Х.Ямагуті та ін.

У значній мірі питання контролю геометрії вирішені для листового прокату за рахунок розробки та широкого впровадження листових товщинимірів на основі проникаючого випромінювання та оптиелектронних шириномірів, а також для сортового прокату і труб з поперечним перерізом до декількох сотен міліметрів.

Менш пророботані питання контролю геометрії для великогабаритних виробів - продуктів прокатного виробництва - труб для магістральних газопроводів діаметром до 1600 мм, бандажів діаметром до 1920 мм та кілець діаметром до 3000 мм, особливістю яких є недостатня жорсткість перерізів. Останнє приводить до змінення форми перерізу під дією власної ваги в процесі сварки та гарячої прокатки, при транспортуванні та інших силових впливах. У зв'язку з вказаною особливістю до складу технологічного устаткування прокатних цехів увіходить і устаткування для правки перерізів виробів, а основною геометричною характеристикою таких великогабаритних виробів стає їх периметр, який залишається незмінним в процесі правки і транспортування (змі-

нюються тільки максимальний та мінімальний діаметр та, отже, овальність).

Аналіз стану проблеми контролю геометрії перерізу великогабаритних круглих виробів свідчить про те, що цілком недостатньо пророботані методи контролю їх периметра та овальності з врахуванням властивостей виробів та умов їх транспортування у технологічному потоці, а для кілець та бандажів - також методи контролю висоти та неплоскостності. Відсутня апаратура для контролю вказаних параметрів. Недостатньо пророботані питання створення первинних вимірювальних перетворювачів для виробів вказаного типу, способи обробки первинної інформації, ряд конструктивних рішень.

Викладене свідчить про актуальність задачі приладового контролю геометричних параметрів вказаних великогабаритних виробів круглої форми.

Мета роботи - розробка методів і засобів автоматичного контролю геометричних параметрів (переважно периметра) великогабаритного круглого проката.

Поставлена мета обумовила такі задачі дослідження:

- розробити метод автоматичного контролю периметра та овальності торців труб великого діаметра у продольному технологічному потоці при вертикальному розташуванні перерізу;
- розробити метод автоматичного контролю периметра та овальності, а також висоти та неплоскостності великогабаритних кільцевих виробів у технологічному потоці шагового транспортера при горизонтальному положенні виробів;
- дослідити точність перетворень, вибрати оптимальні (за критерієм точності) значення параметрів;
- розробити необхідні первинні вимірювальні перетворювачі;
- розробити способи обробки первинної інформації, суттєво зменшуючі вплив заважаючих факторів у виробничих умовах;
- розробити, випробувати та впровадити до експлуатації установки автоматичного контролю вказаних параметрів.

Методи досліджень. При виконанні роботи застосовувались аналітичні та експериментальні методи досліджень, які базуються на теорії вимірювань, теорії випадкових функцій, теорії похибок, теоретичних основ геометричної та електронної оптики. Застосовувався математичний апарат інтегрального та диференціального обчислювання, аналітичної геометрії, а також статистичне моделювання на ЕОМ.

Наукова новизна. 1. Аналітично доказано, що між периметром плоскої випуклої фігури та її середнім видимим діаметром існує однозначний зв'язок, на підставі чого запропонован новий метод контролю периметра великогабаритних виробів. Досліджено вплив дискретності вимірювань діаметра по куту на похибку перетворення видимого діаметра у периметр та показано, що при використанні технічних засобів, які застосовуються у промисловості, похибка не перевищує допустимих значень.

2. Розроблена методика аналізу формування зображення кругового циліндра з врахуванням співвідношень розмірів оптичної системи та об'єкта, положення об'єкта у полі зору, способа утворення зображення (світляний об'єкт чи зворотнє підсвічування), а також бликування поверхні. Встановлено, що для контролюємого класу об'єктів найбільш переважним є використання зворотнього підсвічування з телецентричним або близьким до нього ходом променів.

3. Розроблен новий спосіб контролю усієї сукупності геометричних параметрів катаних кілець та бандажів, який забезпечує необхідну швидкість за рахунок паралельного зйому первинної інформації у процесі транспортування продукції. Досліджені основні заважаючі фактори і розроблені способи їх компенсації.

4. Розроблені способи автоматичного калібрування установок контролю геометрії, які дозволяють суттєво зменшити як адитивну, так і мультипликативну складаючі похибки контролю.

Практична цінність роботи полягає у тому, що розвинуті методи автоматичного контролю периметра та овальності круглих тіл, способи розрахунку основних вузлів первинних перетворювачів (як оптоелектронних, так і контактних) придатні для використання при створенні широкого класу засобів контролю геометрії.

Впровадження результатів роботи.

Результати досліджень по темі дисертації використані при створенні:

- автоматизованої установки контролю периметра та овальності кінців труб для магістральних трубопроводів типу "Магістраль", впровадженої на Харцизькому трубному заводі;

- автоматизованої установки для контролю геометричних параметрів катаних кілець та бандажів типу "Кільце", впровадженої на Нижньо-

дніпровському трубопрокатному заводі, а також мікропроцесорних систем передачі та виводу технологічної інформації СІЕТ-МП, впроваджених для передачі паспортів плавок та хімічного аналізу сталі на 10 заводах чорної металургії.

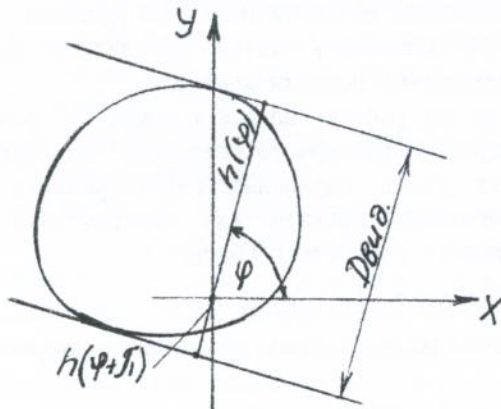
Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на 6 науково-технічних конференціях різних рівнів.

Публікації. За результатами досліджень опублікована 21 наукова праця, в тому числі 8 авторських свідоцтв. Список основних публікацій приведено нижче.

Структура и об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів і висновку, містить 158 сторінок тексту, список літератури з 97 найменувань, 36 малюнків, 2 таблиці і додатки на 34 стор.

Зміст роботи

У першому розділі введено поняття-"видимий діаметр" - довжина проєкції перерізу на пряму, паралельну напрямку вимірювання (мал.І).



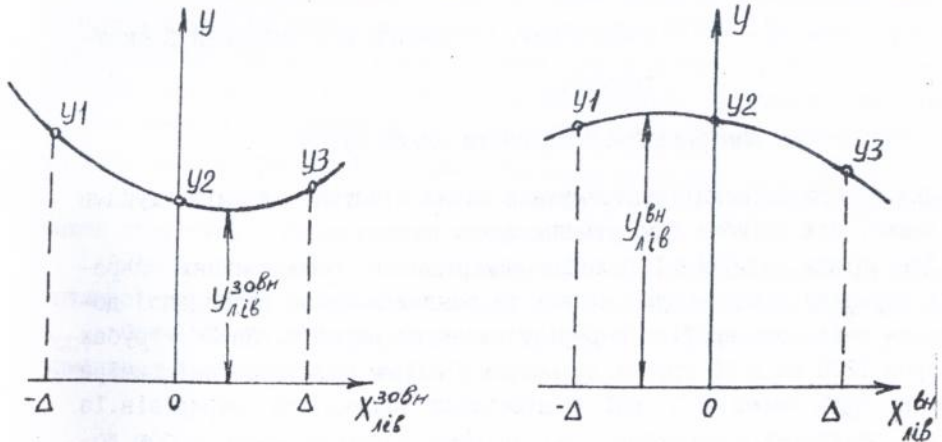
Мал.І.

Досліджені геометричні залежності між видимим діаметром та периметром для різних форм перерізу - з двома осями симетрії, з однією осью симетрії, а також загальний випадок - для будь-якої випуклої кривої. Одержано співвідношення між периметром та середнім видимим діаметром для будь-якої випуклої кривої (гладкої чи ламаної):

$$P = \pi * D_{\text{вид.сер.}} \quad (1)$$

Дослідження технологічних потоків та устаткування показало, що для контролю зовнішнього периметра труб найбільш доцільне використання оптиелектронного способу вимірювання видимого діаметра при обертанні труби навколо поздовжньої її осі на $360(180)^\circ$. При цьому похибка метода визначається похибкою вимірювання середнього видимого діаметра.

Для горизонтально транспортуємих необертуючихся кілець та бандажів у зв'язку з необхідністю вимірювання окрім зовнішнього також і внутрішнього периметра (для чого проєкційні оптичні методи непридатні), розроблено спосіб вимірювання видимого діаметра за допомогою багатоконтактних датчиків торкання. Одержано вираз для обчислення видимого діаметра при використанні двох груп датчиків торкання (лівої та правої), кожна з котрих складається з 3-х щупів. Використання 3-х щупів дозволяє визначити крайні точки перерізу (мал.2)



Мал.2.

шляхом апроксимації трьох відліків кривої, яка обмежує переріз, квадратичною параболою методом найменших квадратів та знаходження її екстремума. Значення видимого діаметра дорівнює:

$$D_{\text{вид}} = A \mp \left[\frac{I}{3} (y_{1л} + y_{2л} + y_{3л}) \mp \frac{\Delta^2}{3R} \mp \frac{R}{8\Delta} (y_{1л} - y_{3л})^2 + \right. \\ \left. + \frac{I}{3} (y_{1п} + y_{2п} + y_{3п}) \mp \frac{\Delta^2}{3R} \mp \frac{R}{8\Delta} (y_{1п} - y_{3п})^2 \right] \quad (2)$$

де A - початкова відстань проміж групами щупових елементів (зовнішніх або внутрішніх) у напрямку вимірювання,
 y - показання щупових елементів (л-лівих, п-правих),
 Δ - відстань між щуповими елементами,
 R - номінальний радіус вимірюваного виробу (зовнішній або внутрішній).

Верхні знаки відносяться до зовнішнього видимого діаметра, а нижні - до умовного внутрішнього.

Середньоквадратичне значення похибки визначення екстремума

$$\sigma_3 = \sigma_1 \sqrt{\frac{1}{12} (10 - 6\gamma (2 - \gamma))} \quad (3)$$

де $\gamma = 1 + \frac{S}{\Delta}$ - коефіцієнт, залежний від зміщення S екстремума,

σ_1 - СКП вимірювання координати одним щупом.

Значення σ_3 при зміщенні екстремума в межах відстані Δ між щупами буде менше, ніж похибка вимірювання одним щупом.

Для оцінки очікуваної похибки вимірювання геометричних параметрів перерізу кінців труб, кілець та бандажів було проведено дослідження реального профіля перерізу вказаних виробів. На 50 трубах діаметром І220 мм и 50 трубах діаметром І420 мм були зроблені виміри радіусів труб через 5° , які підтвердили випуклість перерізів. Із аналізу результатів випливає, що профіль перерізу являє собою достатньо плавну випуклу криву.

Для отриманих форм перерізу кінців труб оцінка похибки вимірювання периметра внаслідок кутової дискретності вимірювання діаметра (при 1000 вимірювань за 1 обертання), виконуємого за допомогою оптико-електронного вимірювача, становить $2 \cdot 10^{-5}$ мм, що на багато порядків менше ніж інші складаючі похибки.

Дослідження форми перерізу кілець та бандажів виявило, що з достатньою ступінню точності вона може бути подана колом, модульованим синусоїдами 1-ї та 2-ї гармонік. При цьому моделювання процесу вимірювання для великих кілець та бандажів дозволило зробити такі висновки:

- помилка обчислювання периметра по середньому значенню видимого діаметра близька до нуля для будь-якої кількості напрямків вимірювання;

- помилка визначення мінімального та максимального діаметрів зменшується із збільшенням кількості напрямків вимірювання і при трьох напрямках вимірювання стає достатньою для практичних використань.

Другий розділ присвячений розробці та дослідженню принципів створення установки контролю геометричних параметрів (периметр, максимальний та мінімальний діаметр, овальність) кінцевих перерізів труб для магістральних трубопроводів на основі оптикоелектронного способу вимірювання координат. Як чутливий елемент використана фотодіодна лінійка із внутрішньою комутацією типу ФУКІЛ, яка має порівняно з ПЭС-лінійками з транспортними регістрами суттєві переваги (більша температурна стабільність, рівномірність чутливості по полю, що пов'язано з підключенням усіх чутливих елементів до одного виходу та відсутністю транспортного регістра).

Особливе значення для забезпечення точності роботи установки мають структура і параметри її оптичної схеми.

Оцінено вплив на точність вимірювання розв'язувальної здібності оптичної системи, визначаємої розміром її перехідної характеристики $\Delta_{\text{ОПТ}}$. Останній зв'язан з розміром перехідної характеристики усього вимірювального тракту $\Delta_{\text{В}}$ співвідношенням:

$$\Delta_{\text{В}} = \sqrt{\Delta_{\text{ОПТ}}^2 + \Delta_{\text{а}}^2} \quad , \quad (4)$$

де Δ_a - розмір перехідної характеристики апертури сканіруючого перетворювача. Для твердотільних багатоелементних сканаторів (фотодіодних лінійок) $\Delta_a = 20$ мкм, при цьому значення $\Delta_{\text{рпт}}$, яке суттєво не погіршить точність вимірювання дорівнює $(3-5)\Delta_a$, тобто 60 - 100 мкм, що дозволило створити об'єktiv із світловим діаметром 200 мм.

Маюча місце при телецентричному ході променів непаралельність пучка, яка визвана неточністю джерела світла та встановленням джерела світла не в фокусі об'єктива, приводить до розмиття зображення грані та подовженню фронту відеосигнала. Показано, що зв'язане з цим змінення положення середини фронту відеосигнала при переміщенні труби уздовж осі світлового пучка не чинить суттєвого впливу на точність вимірювання при переміщенні об'єкта на ± 100 мм від площини найкращої фокусування.

Досліджено вплив різних факторів на розміри зображення кругового циліндра, якими є труба, кільце та бандаж. Встановлено, що при контролі діаметра таких виробів після калібрування установки по плоскому зразку з'являється додаткова похибка, яка зв'язана з характером формування зображення об'ємного предмету. Розмір цієї похибки зростає через бликування поверхні при непаралельності пучка освітлення. Аналітичні та експериментальні дослідження вказаних факторів показали, що їх доля у загальній похибці може досягати 3-5 %.

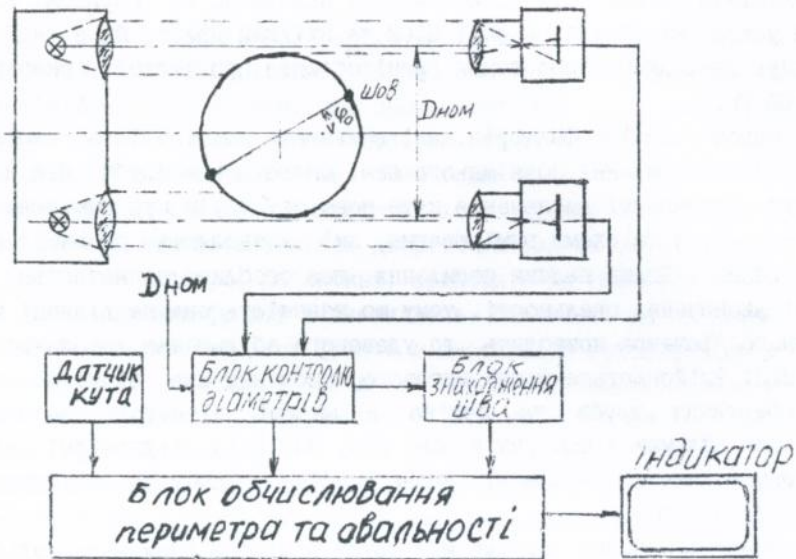
Розглянуті питання виділення вимірювальної інформації з відеосигналу фотодіодної лінійки, які містяться у визначенні положення середини оптичного зображення чорно-білої межі об'єкта. В основу обробки відеосигнала покладено найбільш точний та завадостійкий спосіб виділення вимірювальної інформації - визначення положення фронту на середньому рівні. Дискретний за напрямком сканування та безперервний за амплітудою характер відеосигнала зумовлює можливість знаходження положення межі цифровими методами. Алгоритм знаходження положення межі використовує метод половинного поділення, який дозволяє визначити іскому координату завжди за однаковою кількістю кроків, рівну логарифму кількості елементів лінійки за основою 2. Розробленим алгоритмом передбачена також можливість суттєвого зменшення впливу нерівномірності темного сигналу і чутливості лінійки за рахунок запам'ятовування цих величин при калібруванні та бракуванні їх при обчислюваннях. Застосування лінійної інтерполяції доз-

воляє зменшити похибку від дискретизації приблизно на порядок. Розроблена установка містить в собі ПЕОМ та вхідний пристрій з АЦП і забезпечує знаходження положення грані об'єкта при частоті сканування 100 Гц.

На основі аналізу факторів, які впливають на точність вимірювання (валика посилення зовнішнього шва, сплющування труби під дією сили ваги, неточності визначення кута повороту труби при вимірюванні) розроблені метод та схема вимірювання, які дозволяють скомпенсувати вказані впливи. Вплив валика посилення шва особливо позначається на точності визначення овальності, тому що наявність шва на ділянці максимального діаметра приводить до удаваного збільшення овальності. В установці здійснюється пошук кутового положення шва відносно початку обертання труби та заміна в масиві діаметрів величин, відповідних видимим діаметрам в зоні шва, на інші, відповідні відрізку прямої, яка з'єднує межі шва на графіку діаметрів в функції кута повороту труби.

Компенсація впливу сплющування труби під дією сили ваги здійснюється шляхом обчислювання зменшення вертикального діаметра кільцевого перерізу під дією рівномірно розподіленої вертикальної навантаження та додатку його до вимірюваного значення видимого діаметра.

Неточне визначення кута обертання труби в процесі вимірювання (якщо завдяки неможливості використати датчик кута обертання труби рахувати кут повороту лінійною функцією часу) може привести до додаткової помилки вимірювання периметра у випадку, коли початок усереднення діаметрів припадає на таке кутове положення труби, при якому видимий діаметр приймає максимальне або мінімальне значення. Суттєве зниження цієї помилки (до 30 разів) утворюється шляхом попереднього визначення середнього по усьому масиву вимірюваних діаметрів (при куті повороту труби $\approx 270^\circ$) та вибору точки початку усереднення при такому кутовому положенні труби, коли фактичне значення діаметра збігається з попередньо визначеним середнім значенням. Блок-схема розробленої установки показана на мал.3.



Мал.3

У третьому розділі розглянуті питання розробки установки контролю геометрії великогабаритних кілець та бандажів. Автоматично повинні контролюватися 3 зовнішніх та 3 внутрішніх діаметра через 120° , периметр, овальність, а також висота та неплоскостність по 6 точкам. У зв'язку з таким великим об'ємом контролю для забезпечення його продуктивності за основні положення при розробці установки прийняті максимальне використання технологічних посувань контролюємих виробів при переміщенні їх на шагаючому транспортері з під'ємними столами, а також максимально можливе скорочення (без втрати точності) тривалості операцій контролю та обчислювань.

Первинними вимірюючими перетворювачами в установці є паралельно функціонуючі контактні датчики торкання. Вимірювання горизонтальних діаметрів проводиться у трьох напрямках за допомогою шести вимірюючих скоб, розташованих під кутом 60° одна до одної. Кожна скоба обладнана двома вимірювальними важелями (для контролю зовнішніх та внутрішніх поверхней). На кожен важіль встановлено 3 датчика торкання (усього 36 датчиків). Обчислення виміряного діаметра в одному напрямку виконується за формулою (2). У зв'язку з великим діапазоном

вимірюваних діаметрів $\sim(1000-3000)$ мм після зміни типорозміру контрольованих виробів проводиться установка вимірювальних скоб на номінальний діаметр. Для підвищення точності позиціонування підхід до заданого значення проводиться завжди з одного боку.

Вимірювання вертикальних параметрів проводиться у 6-ти точках за допомогою встановлених на вимірювальних скобах вертикальних щупових датчиків торкання та 3-х вертикальних зондів, здійснюючих стеження за положенням у просторі під'ємного стола при його просуванні уверх заразом з розтягнутим на ньому кільцем (бандажом).

Одержано вираз для визначення відхилення від площинності кільцевого виробу, якщо за базову прийняти середню площину. При цьому рівняння середньої площини у полярних координатах має вигляд

$$Z = a \cos \varphi + b \sin \varphi + c \quad (5)$$

а коефіцієнти a, b и c відповідно дорівнюють

$$a = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \hat{Z}_i \cos \varphi_i; \quad b = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \hat{Z}_i \sin \varphi_i; \quad c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{Z}_i \quad (6)$$

де N - кількість рівномірно розташованих уздовж кола точок поверхні кільця, за якими визначається неплоскостність.

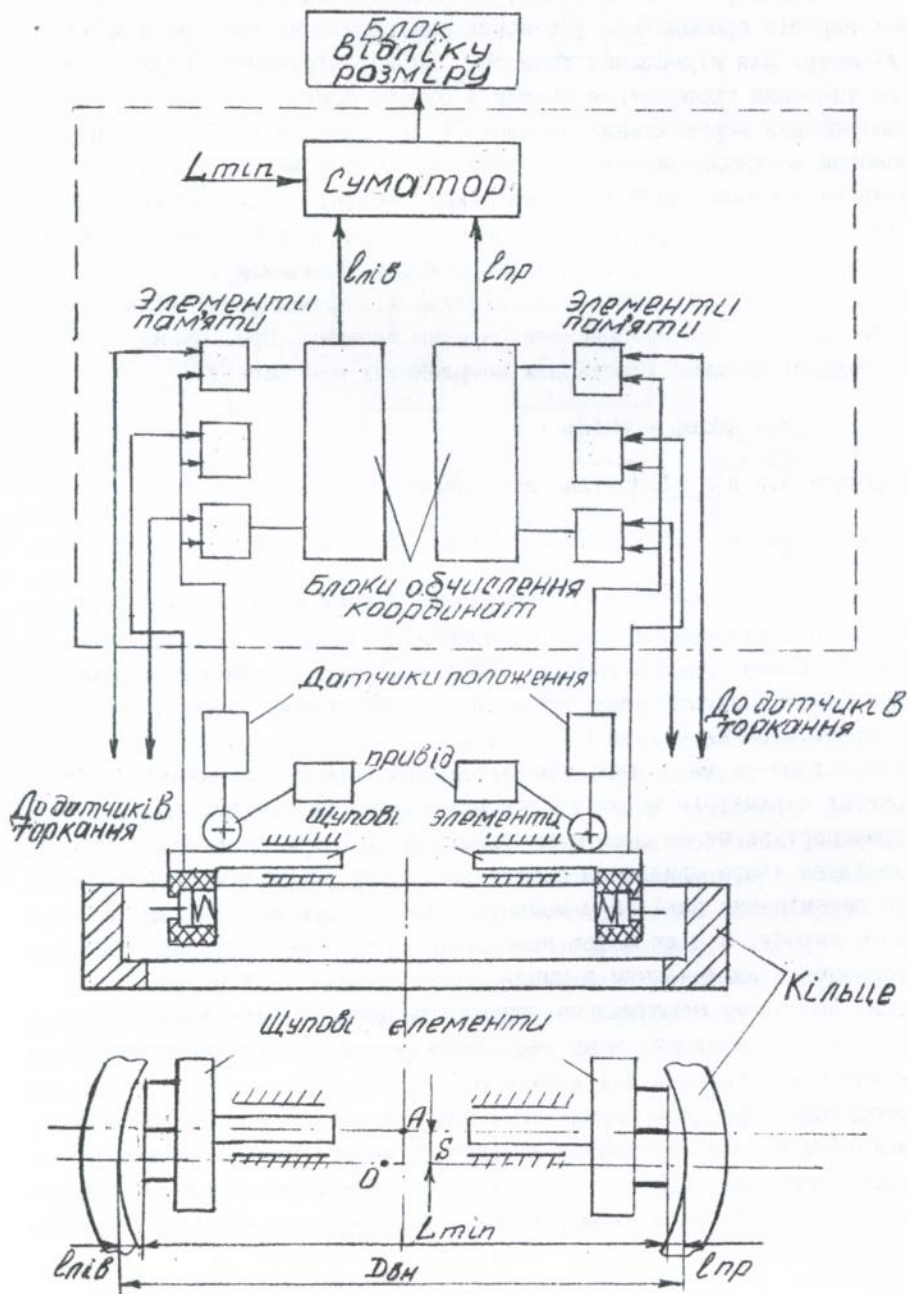
Для підвищення достовірності інформації з датчиків торкання розроблено безконтактний шляховий вимикач, захищений від коливань порога спрацювання чутливого елемента.

Надана блок-схема і алгоритм функціонування установки контролю геометричних параметрів великогабаритних кілець та бандажів в процесі їх транспортування на шагаючому транспортері. При розробці алгоритма особлива увага приділена мінімізації часу зйому інформації з датчиків переміщення важелів у моменти торкання щупами поверхні контрольованого виробу. З цією метою використано циклічне опитування датчиків торкання з виключенням з циклу тих датчиків, торкання яких відбулось. При цьому максимальна тривалість цикла опитування встановлює ~ 1 мсек, завдяки чому не відбувається загублення точності при одночасовому торканні 3-х датчиків.

Застосування принципу паралельних вимірювань, а також застосування механізмів транспортування вимірюваних виробів для їх сканування дозволило на 1,5 - 2 порядки зменшити час вимірювання порівняно з послідовним вимірюванням по окремим точкам зйому

координат, а також зменшити об'єм вимірювального устаткування.

Блок-схема контролю горизонтальних параметрів надана на мал.4.



Мал.4.

Четвертий розділ присвячений питанням практичної реалізації результатів досліджень. Одним із головних завдань при використанні розроблених установок є утримання їх метрологічних характеристик під час усього терміну експлуатації у важких умовах металургійних цехів. Для рішення цієї задачі розроблено метод двуконтурної корекції, в процесі якого виконується визначення та запам'ятання поправок з наступним введенням їх у результат вимірювання.

В установці контролю периметра та овальності труб під час калібрування здійснюється двуконтурна адитивна корекція за допомогою механічного еталона заданих розмірів (1-й контур), який вводитьься під час перерв між змінами, та блока корекції порогових рівней елементів фотодіодної лінійки (2-й контур), яка виконується під час відсутності труби на позиції вимірювання. Крім того проводиться корективка дисторсії об'єктивів оптоелектронного перетворювача. Для цього еталон першого контура зроблений у вигляді металевої пластини з рядом вертикально розташованих прямокутних каліброваних отвірів, розміри яких записані у пам'яті установки. Таким чином поле зору об'єктивів розподіляється на декілька зон, в межах яких величина дисторсії незначна. При обробці відеосигнала, одержаного з оптоелектронних перетворювачів, на які спроецировано зображення еталона, обчислюються значення масштабних коефіцієнтів по кожній зоні, які потім використовуються при обробці відеосигналів від кромки труби.

В установці контролю геометрії великогабаритних кілець та бандажів еталонування здійснюється за допомогою тільки одного контура корекції (основного), тому що здобуття первинної інформації про положення кромки вимірюемого виробу здійснюється достатньо стабільними повільнозношувальними електроконтактними датчиками торкання. Як еталон використовується конструкція, складена з трьох концентрично розташованих кілець з каліброваними і атестованими розмірами діаметрів та висот, які охоплюють увесь діапазон вимірювання, та загальної основи. Відхилення від площинності основи складає не більше 0,2 мм. Основа вздовж поля атестації має вікна для проходження важелів вимірювальних скоб із щупами. Розміри еталона записані до постійної пам'яті системи. Під час калібрування еталон за допомогою спеціального механізму подається на позицію контролю, де проводиться автоматичне вимірювання розмірів усіх атестованих поверхней. Після цього обчислюються поправки, як адитивні (по зовнішньому та внутрішньому діа-

метрам та товщині стінки), так і мультиплікативні (по висоті, в залежності від діаметра кільця).

При виконанні двуконтурної корекції мається суттєвий вигравш у точності порівняно з одноконтурною корекцією, причому цей вигравш тим сильніше, чим більше та швидше дрейф другого контура у порівнянні з першим та чим частіше вводиться додатковий еталон.

У четвертому розділі також розглянуті питання використання засобів обчислювальної техніки в створюємих установках контролю геометрії проката і труб, сформульовані вимоги до основних характеристик (швидкодії, об'єму пам'яті, економічні вимоги) засобів обчислювальної техніки для використання в установках. Показано, що в теперішній час у зв'язку з появою порівняно недорогих персональних ЕОМ та оснащення останніх потужним програмним забезпеченням з'являється доцільність їх використання у складі вимірювальних пристроїв, виготовляємих невеликими партіями або в одиничних екземплярах.

Надані функціональні схеми розроблених блоків сполучення оптикоелектронних перетворювачів з ПЕОМ.

На закінчення четвертого розділу наведені технічні та метрологічні характеристики впроваджених до експлуатації установок контролю геометричних параметрів великогабаритного проката і труб, розроблених в НДІАчорметі на основі проведених досліджень.

ВИСНОВОК

1. Особливістю великогабаритних труб, кілець та бандажів є недостатня жорсткість їх перерізів, що приводить до змінення форми перерізу під дією власної ваги в процесі сварки та гарячої прокатки, при транспортуванні та інших впливах. У зв'язку з вказаною особливістю основною геометричною характеристикою таких великогабаритних виробів стає їх периметр, який залишається незмінним в процесі правки і транспортування.

2. Для плоских випуклих замкнутих кривих, якими є перерізи великогабаритних труб, кілець та бандажів, периметр однозначно зв'язаний із середнім видимим діаметром співвідношенням

$$P = \pi * D_{\text{вид. сер.}}$$

Використання одержаного співвідношення дозволило збудувати від-

носно прості та надійні установки контролю периметра перерізу великогабаритних круглих виробів, якими є труби для магістральних трубопроводів, а також катані бандажі та кільця діаметром до 3 м.

3. Дослідження форми перерізу великогабаритних труб, кільць та бандажів, моделювання процесів вимірювання та статистична обробка результатів показали, що контроль їх периметра може виконуватись за допомогою дискретних відліків видимого діаметра без суттєвого загублення точності.

4. Як безконтактні первинні вимірювальні перетворювачі для приладів контролю геометрії найкращі показники мають оптикоелектронні перетворювачі на основі фотодіодних лінійок із внутрішньою комутацією. На точність визначення координати кромки вимірюемого виробу (за положенням фронту відеосигнала) впливає співвідношення розмірів оптичної системи і об'єкта, спосіб підсвічування, ступінь бликування поверхні вимірюемого виробу, апаратна реалізація пристроїв обробки відеосигнала. Розроблені на основі вказаних факторів методики побудови оптичних систем для засобів контролю геометрії виробів, апаратно-обчислювані способи обробки інформації, вміщеній у відеосигналі, дозволили створити установки, які мають потрібні для експлуатації метрологічні характеристики.

5. Розроблена методика та конструктивна реалізація для вимірювання геометричних параметрів великогабаритних кільць та бандажів на стенді контролю з шагаючим транспортером. У зв'язку з особливостями контролю вказаних виробів (великий діапазон вимірюємих розмірів, обмежений доступ до вимірюваних поверхней, зв'язаний з конструкцією стенда, короткий час, коли вироби доступні для контролю, стан контролюємої поверхні), розроблені апаратура та способи обробки первинної інформації, суттєво зменшуючі вплив заважаючих факторів у виробничих умовах.

6. Реалізація результатів роботи шляхом впровадження у виробництво засобів оперативного контролю якості випускаємої продукції дозволила скоротити брак, зменшити вихід других сортів, збільшити продуктивність агрегатів, снизити вартість продукції. Розроблені методи та засоби контролю можуть знайти застосування при розробці засобів вимірювання у інших галузях техніки.

Основний зміст дисертації опубліковано
у таких роботах

1. Бердянський Е.Н.-А., Палилов І.М., Голобородько В.С., Ефимов В.Б. Автоматическое устройство измерения длины проката. // Автоматизация и механизация производства. - 1969. - №1.
2. В.Я.Ободан, А.Д.Игнатенко, В.К.Рева, Б.В.Сологуб, Е.Н.-А.Бердянський, Р.С.Чудновская. Телевизионный автоматический измеритель наружного диаметра для АСУ ТП трубопрокатных агрегатов. // Приборы и системы управления. - 1975. - №2.
3. Бердянський Е.Н.-А., Игнатенко А.Д., Ободан В.Я., Путилов Ю.М. Уменьшение аддитивной составляющей погрешности первичных измерительных преобразователей за счет использования двухконтурной коррекции // Автометрия. - 1978. - № 6. - С. 98 - 100.
4. А.с. 777401. Устройство для измерения диаметра проката / В.Я.Ободан, Е.Н.-А.Бердянський, Б.В.Сологуб, Г.С.Карт.// Б.И. -1980. - № 41.
5. Бердянський Е.Н.-А., Новодранова В.А., Ободан В.Я., Шепета А.Н. Телевизионная система передачи технологической информации на базе микропроцессора / В кн.: Применение телевидения на промышленных предприятиях. Магнитогорск, 1982.
6. СИЭТ-МП - микропроцессорная система передачи и отображения информации на экране телевизора для АСУ.// Е.Н.- А.Бердянський, В.А.Новодранова, В.Я.Ободан, А.Н.Шепета//Автоматизация на службе качества, экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов/под редакцией Р.В.Лямбаха. - М.:Металлургия, 1985.
7. А.с. №1223404(СССР). Устройство для отображения знаковой информации/В.Я.Ободан, Е.Н.-А.Бердянський, В.А.Новодранова // Б.И. - 1986.-№13.
8. А.с. №1315788 (СССР). Устройство для измерения диаметров крупногабаритных изделий/В.Я.ободан, Б.В.Сологуб, Е.Н.-А.Бердянський, Н.Ф.Жуков.// Б.И. - 1987. - №21.
9. А.с. 1415045 (СССР). Устройство для автоматического измерения диаметра цельнокатаных колес по кругу катания/В.Я.Ободан, Е.Н.-А.Бердянський,Б.В.Сологуб, Ю.Г.Мусиенко, А.П.Погребной, А.Н.Мельников/Б.И. - 1988. - №29.
10. А.с. 1497449 (СССР). Устройство для автоматического

измерения геометрических параметров крупногабаритных изделий/В.Я.Ободан, Е.Н.-А.Бердянский, Б.В.Сологуб//Б.И. - 1989. - №8.

11. А.с. I562682 (СССР). Устройство для измерения геометрических параметров изделий сложной формы / В.Я. Ободан, Е.Н.-А. Бердянский -4 с. // Б.И. - 1986. - № 18.

12. А.с. N I768976 (СССР). Устройство для измерения среднего диаметра круглых изделий // В.Я.Ободан, Е.Н.-А.Бердянский, Б.В.Сологуб.-5с.// Б.И. - 1992. - № 38.

13. Бердянский Е.Н.-А. Контроль геометрических параметров труб для магистральных трубопроводов/В кн.:Датчики электрических и неэлектрических величин. Тезисы докладов I-й международной конференции.- Барнаул. - 1993.

14. Ободан В.Я., Бердянский Е.Н.-А., Марченко Н.Б., Морозов П.Э. Оптико-электронная система контроля периметра выпуклых фигур (на примере труб для газонефтепроводов). Тез. докл. на конф. " Распознавание - 95 ".

АНОТАЦІЯ

Бердянский Е.Н.-А. Методы и устройства автоматического контроля геометрии сечения крупногабаритного круглого проката и труб (разработка и внедрение).

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 - приборы и методы контроля и защиты окружающей среды, веществ, материалов и изделий. Харьковский государственный политехнический университет. Харьков. 1996.

В диссертации разработаны методы и средства автоматического контроля геометрических параметров (преимущественно периметра) крупногабаритного круглого проката, а также приведены результаты экспериментальных исследований. Установлена детерминированная связь между средним видимым диаметром плоской выпуклой кривой и ее периметром независимая от формы кривой, на базе которой разработаны и внедрены в производство установки для контроля геометрических параметров труб, колец и бандажей. Разработаны аппаратура и способы обработки первичной информации, существенно уменьшающие влияние мешающих факторов в производственных условиях.

Ав 34.420

Berdyansky Y.N.-A. Methods and systems of the automatic control of geometry of section of large-sized round rolling and pipes (development and introduction).

The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical sciences on speciality 05.11.13 - devices and methods of the control and protection of the environment, substances and items. Kharkov state politechnical university, Kharkov, 1996.

Methods and means of the automatic control of geometrical parameters (mainly of perimeter) of large-sized round rolling are developed, but also results of experimental rezeach are indicated in the dissertation. Determined dependence between average visible diameter of flat convex curve and its perimeter, independent from curve form, is established. Devices for control of geometrical parameters of pipes, rings and bandages are developed on its basis and introduced into manufacturing. The equipment and methods of processing of the primary information, essentially reducing influence of the interfering factors under manufacturing conditions are developed.

Ключові слова: засоби контролю геометрії, точність вимірювання, швидкодія, заводостійкість, еталонування, оптичелектронний пристрій, первинні вимірювальні перетворювачі.

Б.ф.

Подписано к печати 19.03.96. Объем 1 п.л. Заказ N 326
тираж 100 экз. Бесплатно.

Отпечатано на аппарате RIZO фирмы "Вега-Принт"
320600, г.Днепропетровск, ул.Артема, 5.